

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **174 720** (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[F24H 3/00 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса: 27.08.2018)
Пошлина: учтена за 1 год с 28.03.2016 по 28.03.2017

(21)(22) Заявка: [2016111453](#), 28.03.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.03.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **28.03.2016**(45) Опубликовано: [30.10.2017](#) Бюл. № [31](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 82824 U1, 10.05.2009. RU 2304259 C2, 10.08.2007. US 0003777974 A1, 11.12.1973. EP 837288 A1, 22.04.1998.

Адрес для переписки:

**620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
УрФУ, Центр интеллектуальной
собственности, Маркс Т.В.**

(72) Автор(ы):

Лисненко Владимир Георгиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU)**

(54) УСТРОЙСТВО ИМПУЛЬСНОГО НАГРЕВА

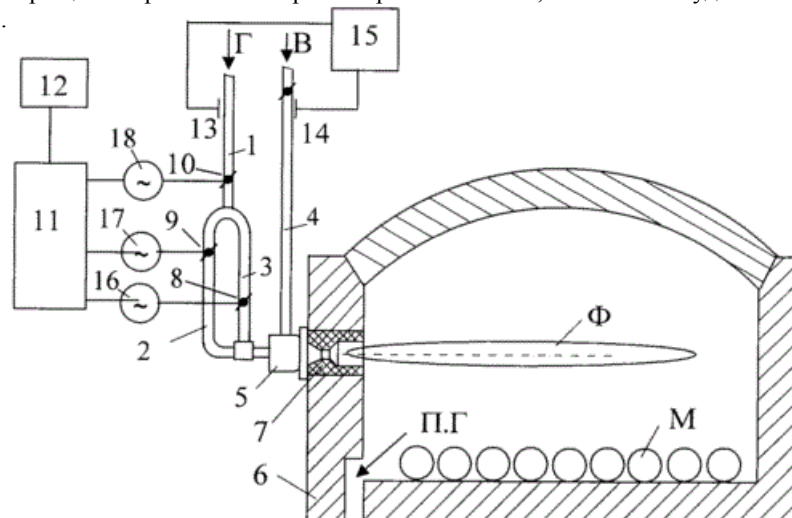
(57) Реферат:

Устройство относится к области нагревательных и термических печей и может быть использовано в других пламенных печах и энергоустановках.

Устройство импульсного нагрева, включающее горелку для сгорания топлива в рабочем пространстве печи, трубопроводы для подачи топлива и воздуха к горелке, исполнительный механизм и клапан для регулирования подачи топлива к горелке, блок задатчика времени циклов подачи и отключения подачи топлива к горелке, датчики расходов топлива и воздуха, регулятор соотношения расходов топлива и воздуха с регулирующим клапаном подачи воздуха, при этом горелка связана с трубопроводами для подачи топлива и воздуха к горелке, исполнительный механизм связан с клапаном для регулирования подачи топлива к горелке, клапан для регулирования подачи топлива к горелке установлен на трубопроводе для подачи топлива к горелке, выход блока задатчика циклов подачи и отключения топлива к горелке связан с исполнительным механизмом, датчики расходов топлива и воздуха установлены на трубопроводах для подачи топлива и воздуха и связаны с регулятором соотношения расходов топлива и воздуха, отличающееся тем, что горелка выполнена с двумя ступенями длины факела, с первой длиннофакельной ступенью с центральным соплом для спутной подачи топлива по отношению к подаче воздуха и второй, короткофакельной ступенью, с периферийными соплами для перпендикулярной подачи топлива по отношению к подаче воздуха, устройство снабжено дополнительными трубопроводами, дополнительными исполнительными механизмами и клапанами для регулирования подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки, трехпозиционным регулятором для обеспечения последовательных режимов полной подачи топлива через периферийные сопла горелки, половины от полной подачи топлива через центральное сопло горелки и полного отключения подачи топлива, при этом горелка связана с трубопроводами, трубопроводы связаны с исполнительными механизмами и клапанами для подачи

топлива через центральное и периферийные сопла горелки, трехпозиционный регулятор связан с исполнительными механизмами и клапанами для подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки.

Применение данного устройства обеспечивает увеличение равномерности нагрева металла и стойкости футеровки печей, снижение окалинообразования, предотвращение трещинообразования при нагреве металла, снижение удельного расхода топлива.



Фиг. 1

Полезная модель относится к области нагревательных и термических печей и может быть использован в других пламенных печах и энергоустановках.

Известно устройство импульсного нагрева, которое основано на системе двухпозиционного автоматического включения и прерывания подачи топлива и окислителя (Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование. Справочное издание. В 3-х кн. Кн. 2 / Под ред. В.Г. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2004. - 832 с. (с. 698); Лисиенко В.Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств. Т. 2, кн. 2. Анализ режимных параметров и конструкций в энерготехнологиях: монография / В.Г. Лисиенко. - Екатеринбург: УрФУ, 2014. Ч. 1 - 560 с. (С. 321-327)).

Известно также устройство импульсного нагрева, основанное на перестраиваемой частоте и скважности пульсаций в системе прерывания подачи топлива (например, природного газа). При этом продолжительность позиционного прерывания периода «включено-выключено» составляет 0,5-2,5 мин. (Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование. Справочное издание. В 3-х кн. Кн. 2 / Под ред. В.Г. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2004. - 832 с. (с. 698); Лисиенко В.Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств. Т. 2, кн. 2. Анализ режимных параметров и конструкций в энерготехнологиях: монография / В.Г. Лисиенко, - Екатеринбург: УрФУ, 2014. Ч. 1 - 560 с. (С. 321-327)).

Однако недостатком этих устройств является двухпозиционное прерывание подачи топлива и окислителя, при котором имеет место либо нахождение факела в рабочем пространстве печи, либо полное его отсутствие.

При этом происходит резкое локальное изменение температуры футеровки печи и нагреваемого металла, что приводит, с одной стороны, к ухудшению стойкости футеровки, и с другой, - к возможному появлению трещин на поверхности металла в результате термических напряжений и деформаций.

При длительном отсутствии факела в печи возникают локальные подсосы воздуха в рабочее пространство печи с охлаждением металла, что приводит к перерасходу топлива и дополнительному окалинообразованию на поверхности металла.

Тем не менее устройство импульсного нагрева имеет преимущества перед обычным устройством непрерывной подачи топлива, обеспечивая равномерность нагрева металла и экономию топлива.

Таким образом, известно устройство импульсного нагрева, основанное на системе двухпозиционного автоматического прерывания подачи топлива и окислителя и, соответственно, на периодическом наличии или полном отсутствии факела в печах (Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование. Справочное издание. В 3-х кн. Кн. 2 / Под ред. В.Г. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2004. - 832 с. (с. 698); Лисиенко В.Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств. Т. 2, кн. 2. Анализ режимных параметров и конструкций в энерготехнологиях: монография / В.Г. Лисиенко. - Екатеринбург: УрФУ, 2014. Ч. 1 - 560 с. (С. 321-327)).

Однако недостатком этого устройства является двухпозиционное («включено-выключено») прерывание подачи топлива и окислителя в рабочее пространство печи,

при котором имеет место либо нахождение факела в рабочем пространстве печи («включено»), либо полное его отсутствие («выключено»). При этом происходят значительные локальные изменения температуры футеровки печи и нагреваемого металла, что приводит к ухудшению стойкости футеровки печи и возможному трещинообразованию на поверхности металла в результате термических напряжений и деформаций. При длительном отсутствии факела в печи появляются локальные подсосы воздуха в рабочее пространство с увеличением расхода топлива и развитием окалинообразования на поверхности металла.

Задачей настоящего изобретения является устранение значительного локального изменения температуры футеровки печи и нагреваемого материала при сохранении преимуществ импульсного отопления.

Указанная задача достигается тем, что устройство импульсного нагрева, включает горелку для сгорания топлива в рабочем пространстве печи, трубопроводы для подачи топлива и воздуха к горелке, исполнительный механизм и клапан для регулирования подачи топлива к горелке, блок задатчика времени циклов подачи и отключения подачи топлива к горелке, датчики расходов топлива и воздуха, регулятор соотношения расходов топлива и воздуха с регулирующим клапаном подачи воздуха, при этом горелка связана с трубопроводами для подачи топлива и воздуха к горелке, исполнительный механизм связан с клапаном для регулирования подачи топлива к горелке, клапан для регулирования подачи топлива к горелке установлен на трубопроводе для подачи топлива к горелке, выход блока задатчика циклов подачи и отключения топлива к горелке связан с исполнительным механизмом, датчики расходов топлива и воздуха установлены на трубопроводах для подачи топлива и воздуха и связаны с регулятором соотношения расходов топлива и воздуха, отличающееся тем, что горелка выполнена с двумя ступенями длины факела, с первой длиннофакельной ступенью с центральным соплом для спутной подачи топлива по отношению к подаче воздуха и второй, короткофакельной ступенью, с периферийными соплами для перпендикулярной подачи топлива по отношению к подаче воздуха, устройство снабжено дополнительными трубопроводами, дополнительными исполнительными механизмами и клапанами для регулирования подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки, трехпозиционным регулятором для обеспечения последовательных режимов полной подачи топлива через периферийные сопла горелки, половины от полной подачи топлива через центральное сопло горелки и полного отключения подачи топлива, при этом горелка связана с трубопроводами, трубопроводы связаны с исполнительными механизмами и клапанами для подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки, трехпозиционный регулятор связан с исполнительными механизмами и клапанами для подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки.

Таким образом, при использовании предлагаемого устройства импульсного отопления при сохранении времени цикла импульсных переключений (0,5-2,5 мин) (Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование. Справочное издание. В 3-х кн. Кн. 2 / Под ред. В.Г. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2004. - 832 с. (с. 698)) и трехпозиционном регулировании значительно снижается время нахождения рабочего пространства печи при полном отсутствии факела и обеспечивается большая равномерность нагрева. При этом достигается не мгновенное полное, а более плавное снижение в цикле переключений расхода топлива (тепловой нагрузки) с сохранением в промежуточной позиции («среди») длины факела на уровне длины факела при максимальной подаче топлива («норм»). Действительно, если при сокращении расхода топлива (например, природного газа), длина факела, как известно (Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование. Справочное издание. В 3-х кн. Кн. 2 / Под ред. В.Г. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2004. - 832 с. (с. 698)), уменьшается, то при переходе от периферийной подачи топлива в воздушный поток горелки (соплами перпендикулярными воздушному потоку в горелке) - короткофакельная ступень горелки - к центральной подаче топлива (через сопло, параллельное воздушному потоку в горелке) - длиннофакельная ступень горелки - длина факела, наоборот, увеличивается, что и позволяет сохранять длину факела в позициях в требуемом по условиям нагрева диапазоне.

Так, например, по данным (Использование природного газа при сводовом отоплении нагревательных печей / В.Г. Лисиенко, В.В. Волков, Б.А. Фетисов, Н.И. Хухарев. - М.: ВНИИЭгазпром, 1974. - 68 с; Лисиенко В.Г., Китаев Б.И., Кокарев Н.И. Усовершенствование методов сжигания природного газа в сталеплавильных печах. - М.: Металлургия, 1978. - 280 с.), при использовании природного газа длина факела пропорциональна скорости истечения газа в степени 0,34. При этом скорость истечения W_0 как раз и характеризует в данном случае при неизменном диаметре выходного сечения сопла горелки расход газа.

В случае, например, изменения скорости истечения газа W_0 в два раза длина факела уменьшится на величину $2^{0,34}=1,26$, т. е. на 26%.

Однако при переходе в случае отопления природным газом с коротко-факельной ступенью (с периферийными соплами для перпендикулярной подачи газа по

отношению к подаче воздуха) на длиннофакельную ступень горелки (с центральным соплом для спутной подачи газа по отношению к воздушному потоку) полная длина факела увеличивается на 15,5%, при этом длина зоны интенсивного горения увеличивается еще более значительно - на 20-25%.

Таким образом, в случае снижения расхода газа и возможного уменьшения при этом длины факела обеспечивается эквивалентная возможность сохранения этой длины в случае перехода от подачи газа через короткофакельную ступень горелки к длиннофакельной ступени.

Тем самым при предлагаемом устройстве импульсного нагрева обеспечивается плавный, стабилизирующий длину факела переход от номинального расхода топлива к отключению его подачи - через промежуточный расход топлива с сохранением на этом промежуточном этапе длины факела в рабочем пространстве печи.

На фиг. 1 и 2 представлено устройство импульсного нагрева в случае отопления природным газом.

На фиг. 1 представлена схема данного устройства на примере нагревательной печи. Она включает подвод газа 1; газопровод длиннофакельной ступени 2; газопровод короткофакельной ступени 3; газопровод вентиляторного воздуха 4; корпус горелки 5; кладку печи 6; горелочный тоннель 7; исполнительные механизмы 16-18 и регулирующие клапаны 8-10 короткофакельной, длиннофакельной ступеней горелки и общего подвода газа соответственно; трехпозиционный регулятор 11; задатчик времени цикла подачи и отключения подачи топлива к импульсной горелке 12; датчики расходов газа и воздуха 13 и 14; регулятор соотношения «газ-воздух» 15; Г - газ; В - воздух для горения; Ф - факел; П.Г - выход продуктов сгорания, М - нагреваемый металл.

На фиг. 2 представлена горелка, обеспечивающая стабилизацию длины факела горелки при изменении расхода газа (тепловой нагрузки). Она включает корпус 1; воздушное сопло 2; наружную газовую трубу 3; внутреннюю газовую трубу 4; В - воздух; Д.Ф - подвод газа к длиннофакельной ступени; К.Ф - подвод газа к короткофакельной ступени; $n_{отв}$ - отверстия периферийного подвода газа (короткофакельной ступени).

Фиг. 3 демонстрирует возможность использования данного устройства для сохранения требуемого при нагреве металла расхода газа в процессе переключений. На фиг. 3 представлена временная диаграмма расходов газа при использовании двух параллельно работающих горелках. Ординаты графика с обозначениями К.Ф «норм», Д.Ф «среди», «откл» соответствуют расходу подаваемого газа в каждом из трех циклов переключений.

Устройство работает следующим образом.

В рабочем пространстве печи (фиг. 1) при нагреве металла М с футеровкой 6 обеспечивается постоянство длины факела Ф при подаче газа через трубопровод 1 и его разводку на короткофакельную 3 и длиннофакельную 2 ступени горелки при снижении его расхода, например, в 2 раза от номинального. Выход газа осуществляется через тоннель 7. Задатчик времени цикла подачи и отключения подачи топлива к импульсной горелке 12 задает время общего цикла переключений и время перехода на сниженный, например, в два раза расход газа. Трехпозиционный регулятор 11 обеспечивает в рамках полного цикла переключений последовательное открытие клапана 8 короткофакельной ступени 3 (позиция «норм»), затем в середине цикла - его закрытие и открытие клапана 9 длиннофакельной ступени 2 горелки (позиция «среди»). Далее происходит закрытие общего клапана подачи газа 10 (позиция «откл»). Далее открывается клапан 10 - при открытии клапана 9 длиннофакельной ступени 2 (позиция «среди»).

Затем закрывается клапан 9 длиннофакельной ступени 2 и открывается клапан 8 короткофакельной ступени 3. Далее цикл переключений повторяется (исходная позиция «норм»).

Горелка с регулируемой длиной факела (фиг. 2) обеспечивает при переменном расходе газа переключение подачи газа с короткофакельной ступени К.Ф на длиннофакельную ступень Д.Ф. Воздух для горения В подается через трубопровод 19 и воздушное сопло 20. Трубопроводы 21 и 22 соответствуют подаче газа в короткофакельную и длиннофакельную ступени горелки. Короткофакельная ступень горелки 3 содержит $n_{отв}=4-6$ периферийных отверстий.

Датчики расходов газа Г и воздуха В 13 и 14 и регулятор 15 (фиг. 1) обеспечивают требуемое соотношение «газ-воздух» при переменном расходе газа в циклах «норм» и «среди» работы импульсной горелки.

Тем самым в позиции «сохр» при сниженном, например, в 2 раза расходе топлива удается сохранить длину факела, соответствующей позиции «норм» и не изменять в плане развития факела условий этого перехода.

При параллельной работе двух горелочных устройств а и б с противоположными по времени циклами включений и отключений клапанов горелок (фиг. 3), как следует из временной диаграммы фиг. 3, обеспечивается постоянство расхода топлива при всех трех циклах переключений импульсных горелок.

Таким образом, обеспечивается стабильная во времени тепловая нагрузка на два параллельно работающих горелочных устройства и облегчается функционирование системы автоматического регулирования расхода топлива. Если температура в печи

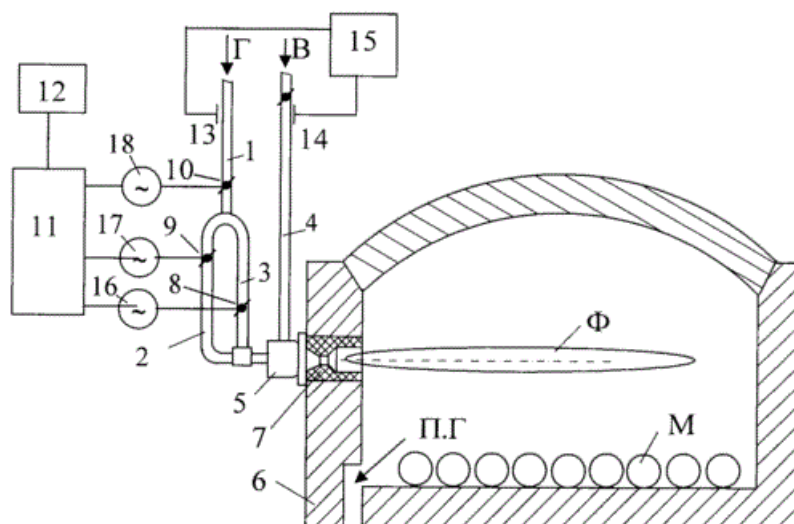
поддерживается в пределах рабочей зоны с несколькими горелочными устройствами, то эта зона должна включать парное число горелочных устройств.

В процессе функционирования устройства импульсного нагрева может изменяться в зависимости от конкретных условий нагрева уровень задаваемых температур и номинальный расход топлива, полное время цикла, время перехода от позиции «норм» к позиции «сред», а также и уровень расхода топлива по отношению к номинальному расходу в позиции «сред».

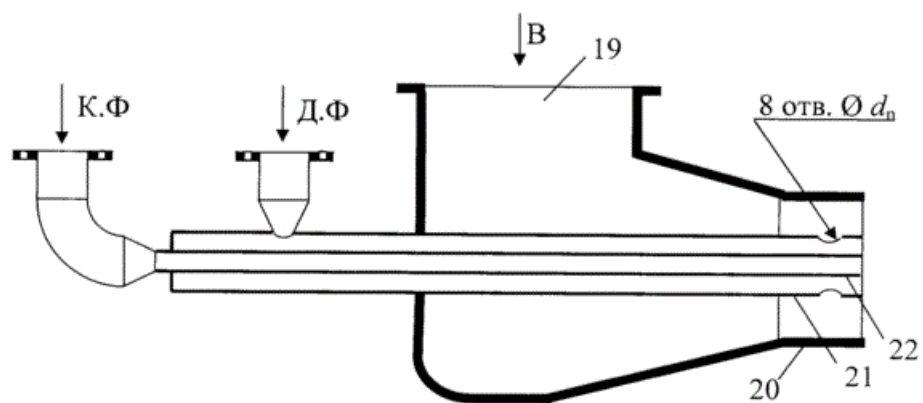
Техническим результатом использования данного устройства является снижение удельного расхода топлива.

Формула полезной модели

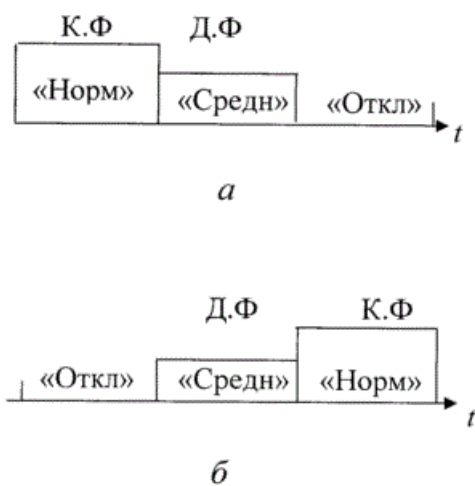
Устройство импульсного нагрева, включающее горелку для сгорания топлива в рабочем пространстве печи, трубопроводы для подачи топлива и воздуха к горелке, исполнительный механизм и клапан для регулирования подачи топлива к горелке, блок задатчика времени циклов подачи и отключения подачи топлива к горелке, датчики расходов топлива и воздуха, регулятор соотношения расходов топлива и воздуха с регулирующим клапаном подачи воздуха, при этом горелка связана с трубопроводами для подачи топлива и воздуха к горелке, исполнительный механизм связан с клапаном для регулирования подачи топлива к горелке, клапан для регулирования подачи топлива к горелке установлен на трубопроводе для подачи топлива к горелке, выход блока задатчика циклов подачи и отключения топлива к горелке связан с исполнительным механизмом, датчики расходов топлива и воздуха установлены на трубопроводах для подачи топлива и воздуха и связаны с регулятором соотношения расходов топлива и воздуха, отличающееся тем, что горелка выполнена с двумя ступенями длины факела, с первой длиннофакельной ступенью с центральным соплом для спутной подачи топлива по отношению к подаче воздуха и второй, короткофакельной ступенью, с периферийными соплами для перпендикулярной подачи топлива по отношению к подаче воздуха, устройство снабжено дополнительными трубопроводами, дополнительными исполнительными механизмами и клапанами для регулирования подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки, трехпозиционным регулятором для обеспечения последовательных режимов полной подачи топлива через периферийные сопла горелки, половины от полной подачи топлива через центральное сопло горелки и полного отключения подачи топлива, при этом горелка связана с трубопроводами, трубопроводы связаны с исполнительными механизмами и клапанами для подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки, трехпозиционный регулятор связан с исполнительными механизмами и клапанами для подачи топлива через центральное и периферийные сопла горелки.

УСТРОЙСТВО ИМПУЛЬСНОГО НАГРЕВА

Фиг. 1



Фиг. 2

УСТРОЙСТВО ИМПУЛЬСНОГО НАГРЕВА

Фиг. 3

ИЗВЕЩЕНИЯДата прекращения действия патента: **08.12.2017**Дата внесения записи в Государственный реестр: **21.08.2018**

